



표 1 원전기기 성능시험 설비사양

항목	사양
기준원전	APR1400
증기유량	450ton/h
설계조건	20MPa, 400°C
사용조건 (대표예)	MSSV: 9.1MPa, 302°C, 450ton/h PSV: 17.6MPa, 371°C, 209ton/h POSRV: 19MPa, 360°C, 240ton/h
설계수명	20년 이상

증기용 설비는 한국기계연구원의 원자력산업기기연구센터가 담당하고, 물용 설비는 한국전력연구원이 담당하여 정부주도 연구개발사업으로 과제를 진행하고 있다.

본 시험설비는 증기용기기와 대용량 밸브/펌프의 시험 및 인증 시험 설비로서 상업용 가압경수로에 사용되는 원전기기들을 시험하고 인증하는 고온고압의 시험설비이다. 시험 및 인증 할 수 있는 시설은 국내에서 개발된 신형 경수로인 APR1400을 기준으로 설계, 제작된 기기, 1,000MW급 한국표준원전(KSNP)용 기기 등 고온 고압용 증기용기기를 시험, 인증할 수 있도록 추가 반영함으로써 활용성을 높이고자 한다. 시험 및 인증기기의 주요설계 기준은 표 1과 같이 설정되었으며, 이 기준은 KEPIC-MF에 명시되어 있는 능동 동력구동 밸브, 능동 자기구동 체크밸브, 능동 압력방출 밸브를 포함한 대부분 증기용기기를 포괄할 수 있다. 즉, 본 시험설비를 통하여 그림 1과 같은 한국표준원전에 사용되는 밸브들의 성능시험이 가능하게 된다.

원전에 설치된 안전 등급 밸브, 노즐, 증기트랩, 열교환기 등을 포함한 중요 유체기기에 대한 성능 시험을 할 수 있는 범용 시험설비를 한국기계연구원 내의 약 1,000평 규모의 부지에 구축하고 있다. 이는 국내 기기 제작사들에 의해 자체 구축이 어려운 대용량 및 고차압 시험 설비이고, 국내 산업계에서 우선 필요 순위에 따라 기기별 운전 성능시험 방법을 개발하고 있

표 2 원전기기 적용코드

항목	적용코드
능동밸브	KEPIC MF,
압력방출밸브	ASME QME-1,
안전방출밸브	ASME PTC-25,
안전방출밸브	ASME PTC-25.3,
누설시험	API STD-527

다. 원전기기의 성능시험 대상품목은 대표적으로 주 증기안전밸브(MSSV), 가압기안전밸브(PSV), 파일럿 구동안전방출밸브(POSRV), 동력구동밸브(POV), 공기구동밸브(AOV), 모터구동밸브(MOV), 체크밸브(CV), 솔레노이드구동밸브(SOV), 감압밸브(PRV) 등이며 관련 규정에 따라 용량시험, 설정압시험, 누설시험 등이 필요하다. KEPIC, ASME, API(American Petroleum Institute) 기준 시험을 위한 운전 성능시험 방법론을 표 2와 같이 개발한다. 또한, 이와 같은 원전기기의 용량 시험, 설정압 시험, 누설시험 등의 절차 및 결과 분석에 대한 품질 보증 절차를 수립하여 시험설비에 대한 공인 인증을 추진하고 있다. 기 인증받은 KOLAS 인증과정을 바탕으로 KEPIC 인증을 받아 국내 인증기관이 되기 위한 절차수행을 조기에 실시하고 있으며, 현재 KEPIC 인증 신청완료 상태이다.

향후, 본 연구개발을 통하여 원전 안전 등급 기기의 성능개선 및 기술 자립화, 고성능 기기개발의 기반 마련, 원전기기의 열화메커니즘 평가기술을 접목하여 열화에 강한 재료 및 기기개발에 이용, 원전의 오래된 기기의 원활한 교체/보수/유지를 위해 일반상용품의 안전등급에 맞는 기기를 검증하고 공급하는데 이바지할 수 있다.

나아가 기기검증의 전체적인 체계를 완성하기 위하여 내환경검증과 내진검증의 시험 설비와 기술을 활용함으로써 한국기계연구원의 원자력산업기기연구센

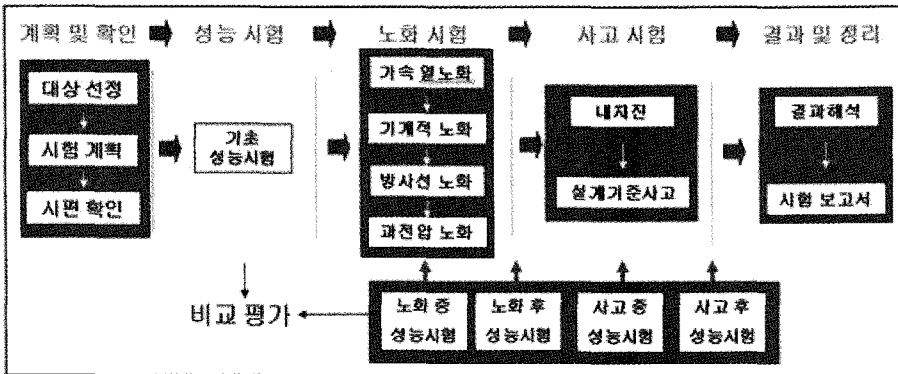


그림 2 기기검증 시험 절차

터를 원전용 기기에 대한 성능시험을 포함한 기기검증(EQ) 센터로 발돋움하고 있다.

### 원자력 산업기기의기기검증

한국기계연구원 원자력산업기기연구센터에서는 지금까지 원자력 발전소용 산업기기의 노화 및 사고 상황을 고려한 성능과 내구성 검증을 수행해왔다.

기기검증(EQ: Equipment Qualification)이란 원자력발전소에서 사용하는 기기에 대해 운전기간 동안 정상 & 사고 환경조건에서 요구되는 성능을 수행할 수 있다는 것을 검증하는 행위이다. 특히, 안전에 중요한 전기 기기 및 기계 기기는 예상되는 정상 및 가상 사고 조건하에서 그들의 설계 수명 동안 요구되는 안전 기능이 수행될 수 있음을 입증해야 한다. 검증 프로그램은 각종 기기의 자연적인 노화공정뿐 아니라 정상 및 사고 환경, 운전, 지진, 진동, 방사선, 온도, 압력, 화학 분무, 습도, 침수, 먼지, 복합상승효과 등의 영향을 고려해야 한다.

이에 대하여, 국제적으로 IEEE Standard, ASME QME-1과 같은 규격을 정하여 그 신뢰성을 평가하고 있다. 국내에서는 KEPIC의 규격 조건에 따라 원전 기기의 성능 평가를 수행하고 있다.

전반적인 기기검증의 시험은 IEEE Standard 등의 국제규격에서 정해진 절차에 따르며, 가장 엄격한 조건을 기준으로 시행되어야 한다.

### 공압 및 모터 구동기의 기기검증

동력구동밸브는 원전

의 주요 안전계통에 설치되어 안전기능을 수행하도록 설계되어 있다. 설계기준사고 상황에 대비하여 기기검증이 이루어지고, 주기적으로 재평가(PV: Periodic Verification)하여 밸브 및 구동기의 건전성 및 스위치 설정치를 확인하도록 하고 있다. 즉, 기기검증을 통해 현재 진행 중인 가동원전의 주기적안전성검사와 수명 연장사업에 기여할 수 있다.

특히, 본 센터에서는 국내에서 최초로 설계기준사고(DBE) 시험 설비를 구축하여 10년 이상의 풍부한 경험과 전문 인력을 보유하고 있으며, 냉각재상실사고(LOCA), 주중기관과단사고(MSLB), 고에너지관과단사고(HELB) 등 사고 상황의 정확한 모사를 통하여 내환경검증을 수행하고 있다. 그리고 열중량분석기(TGA), 동적기계분석법(DMA)등의 열분석 기기를 통해 비금속 재료의 열수명 평가를 수행하여 구동기의 열적 노화에 대한 수명을 예측하고, 항온항습 챔버 설비를 통해 기기의 열적 노화를 모사하여 기기검증에 적극 활용하고 있다. 더욱이, 방사선 및 진동/내진 시험 기관과 협력체계를 구축하여 종합적인 기기검증 업무를 수행하고 있다.

또한, IEEE Standard 382와 한국전력기술의 기술규격서에 근거하여 각 원자력 발전소에서 요구하는 환경 조건에 적합하도록 기기검증을 수행하고 있다.

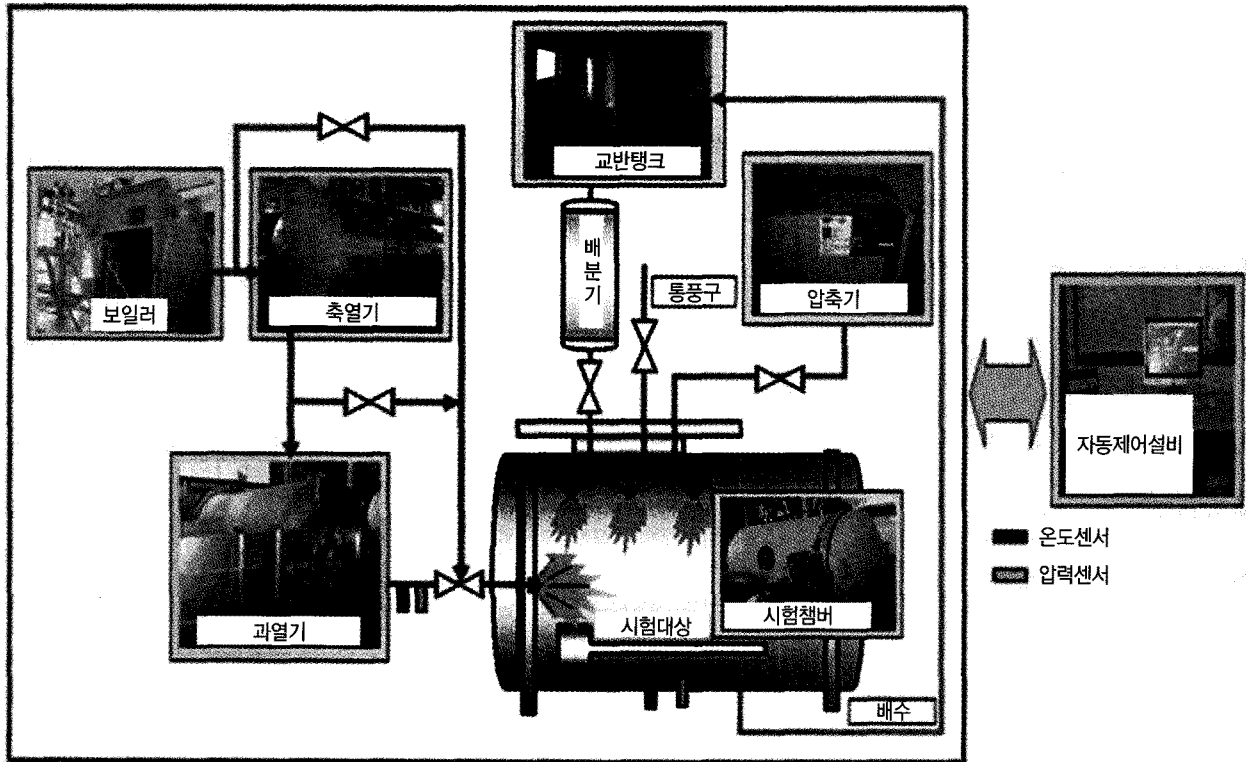


그림 3 DBE 시험 설비 개략도

### 도장재 성능 검증

원전의 설계기준사고 중 냉각재 상실사고가 발생한 경우 냉각재 장기재순환 시 이물질에 의해 집수조(sump)의 여과장치가 막히게 되고 수두손실로 인하여 재순환펌프 운전성을 저하시킬 수 있다. 이에 따라, 격납건물 내 다양한 이물질 중 도장재를 대상으로 냉각재상실 사고에 대한 모의시험을 수행하고, 격납건물 내 화학살수로 인한 파손 여부를 실험적으로 분석하게 된다.

신울진, 신고리 등의 원전에서 사용되는 도장재에 대한 냉각재상실사고 모의시험을 수행하여 도장재 성능에 대한 검증 수행하고 있다.

### 기기검증기술의 국산화는

국내 원정용 기기 생산업체의 생산기술능력 향상을 통해 가격경쟁력 증대와 국산화에 기여할 수 있다.

### KEPIC 인증체계 구축

국내에 기반 및 시설이 취약한 원전기기 EQ 기술의 확보를 위해 보다 체계적인 연구가 필요하다. 이를 위해 체계적인 전담조직을 설립하여 대내외적인 업무에 효율적으로 대처하고자 한다. 현재

KOLAS 규정의 품질보증체계를 구축하고 있으나 더욱 포괄적이고, 전문적인 기기검증 업무의 수행을 위해 KEPIC 인증 체계를 추진 중에 있으며, 국제적인 원전 품질 관리 체계를 구축 중에 있다.